

氏 名 ^{ネルソン イ ブリド エッチ}
Nelson E. Pulido H.
 学位(専攻分野) 博 士 (理 学)
 学 位 記 番 号 理 博 第 2191 号
 学位授与の日付 平成 12 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
 研究科・専攻 理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
 学位論文題目 Constraints for Dynamic Models of the Rupture from Kinematic Source
 Inversion
 (運動学的震源インバージョンから評価される破壊の動力学モデルのための拘束
 条件)

論文調査委員 (主 査)
 教 授 入倉孝次郎 教 授 竹本修三 助教授 赤松純平

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、強震動記録を用いた震源の運動学的インバージョンの結果から破壊の動力学過程に関する情報の抽出を目的として、すべり摩擦則に基づく地震波生成の理論モデルの構築およびそれに基づく動力学震源モデルのパラメータの推定を行った。

第1部では、コロンビアに起こった1995年タウラメナ(コロンビア, $M_w = 6.5$)の震源破壊過程が強震動記録を用いた多重窓線形インバージョンにより推定された。本震の断層面は余震分布およびCMT解から北西に 57° 傾斜した逆断層と仮定された。得られたすべり分布は3つのアスペリティーの存在を示す。断層面上のすべりベクトルは空間的・時間的に大きく回転する結果を得た。この結果は動的破壊過程のシミュレーションとの比較から初期応力が空間的に強い不均質を有しそのレベルが低いことを示唆するものであることを明らかにした。

第2部では、地震破壊過程を支配するすべり摩擦則が地震動にどのように影響するかに関して理論的考察を行い、運動学的震源インバージョンによるすべり速度関数の時空間分布から摩擦構成則を特徴付けるパラメータの推定法を研究した。多重窓震源インバージョンでは、断層面上の分割された小断層毎にすべり速度関数が推定され、得られたすべり速度関数から波動放射エネルギーと地震モーメント解放量の時空間変化が計算される。断層面上の見かけ応力の分布は波動放射エネルギーと地震モーメント解放量の比として得られる。ここで推定される見かけ応力は動力学破壊過程において平均応力と動的摩擦応力の差に関係付けられる。地震応力解放過程が主としてすべり劣化摩擦則によって特徴付けられると仮定すると、見かけ応力の時間変化のピーク値が臨界すべり劣化距離 D_c に対応することが理論的に示される。

上記の理論的考察に基づき、1992年ランダース地震、1995年兵庫県南部地震、および1995年タウラメナ地震の震源インバージョン結果から、各地震の断層破壊過程を支配する摩擦構成則を特徴付けるパラメータ、臨界すべり劣化距離 D_c が推定された。ここで得られる D_c の分解能は震源インバージョンで用いられるデータで有効な最小周期とインバージョン結果として得られた各小断層での平均すべり速度の積で決まることが示された。有意に推定された D_c は、ランダース地震では、すべりが大きく破壊速度の遅い中央のセグメントで約3.5 m、相対的にすべりが小さく破壊速度の速い南東および北西セグメントで共に約1 mである。これらの事実は D_c が断層の破壊速度に重要な役割を果たしていることを示すものである。断層面浅いところから深いところまで D_c が十分な分解能で推定された断層中央セグメントでの結果から、 D_c は浅いクラスで大きく、深くなると小さくなることが顕著に示された。ここで推定された D_c 値は動力学モデルの震源のシミュレーションから予想される値とよく一致する。兵庫県南部地震では、野島断層の浅いところで D_c は約1 m、野島断層の深いところおよび諏訪山断層の深いところで D_c は0.4 mと推定された。この結果はランダース地震に対して得られた D_c の深さ依存と調和的である。タウラメナ地震では約0.6 mと推定されたが、十分な分解能ある D_c が得られた領域が少なく深さ依存

は議論できない。

これらの結果は地震の破壊過程の動力学特性に関する重要なパラメータが運動学的震源インバージョンから直接的に推定可能なことを示している。

論文審査の結果の要旨

本研究は、震源近傍での強震動記録を用いてなされる運動学的震源インバージョンで得られる断層面上すべり速度の情報を用いて、破壊過程の動力学モデルを拘束する摩擦構成則のパラメータを推定する方法の定式化を行い、それに基づき震源インバージョン結果から摩擦構成則の重要パラメータ、臨界すべり劣化距離 D_c を推定し、地震断層の破壊特性の定量的議論を行なった。運動学的震源モデルに基づく多重窓線形波形インバージョンでは断層面を小断層に分割し小断層毎にすべり分布の時間関数が得られる。これまで行われてきた動力学震源モデルのパラメータの推定は、波形インバージョンにより得られたすべり分布を拘束条件として、断層面上に摩擦構成則に対応するパラメータの初期値を仮定し有限差分法などを用いて動力学震源モデルに基づくシミュレーションですべり分布を求め、両者の違いを最小にするパラメータを非線形インバージョンで求めるものであった。このような従来の方法では、シミュレーションの繰り返しが必要なため数値計算上の誤差が蓄積されることや非線形インバージョンのため解のユニーク性が保証されないなどの問題があった。申請者の提案する方法は運動学的震源インバージョンの結果を用いて直接的に臨界すべり劣化距離 D_c の推定が可能となる点が特色である。

申請者は、この方法を 1992 年ランダース（米国カルフォルニア）地震、1995 年兵庫県南部地震、1995 年タウラメナ（コロンビア）地震のインバージョン結果に適用して、それぞれの震源断層面上での D_c の推定を行なった。本手法の有効性と限界は、震源インバージョンに用いるデータの信頼性ある周期範囲および得られたすべり速度の大きさに関係することを明らかにし、断層面上で信頼性ある D_c が得られた範囲の検証がなされた。

ここで得られた D_c は 3 つの地震で共通性ある特徴を有している。 D_c は一般に最終すべり量に比例して大きくなり、例えばランダース地震の時すべりの大きい中央セグメントでは、 D_c は最終すべりの約 64% という結果を得ている。他のセグメントや他の地震ではその係数は異なる。また、 D_c は浅いクラストで大きく、深くなると小さい、さらに D_c が大きい領域で破壊速度が遅く、小さいところで大きい、など地震の破壊過程を考察する上で極めて重要な情報が得られている。推定された D_c 値は動力学モデルの震源のシミュレーションから予想される値とよく一致おり、信頼性ある結果と考えられる。

これらのことは本論文で定式化された摩擦構成則のパラメータの評価法は大地震の複雑な断層破壊過程の解明に有効であることを示しており、大地震の震源過程の研究の重要な成果であることを示している。

参考文献 4 編はいずれも大地震の破壊過程、それに基づく震源の物理と強震動の生成過程の解明に関する重要な研究成果で、申請者が動力学震源モデルに基づく断層破壊過程について系統的な研究を行っていることを示している。

以上の理由で、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。